



A szilícium nyomdetektor geometriai elrendezésének meghatározása

Hidas Pál

CMS Tracker DPG Budapest csoport

CMS Budapest–Debrecen munkaértekezlet



“Tracker Alignment”

A detektorok felépítése

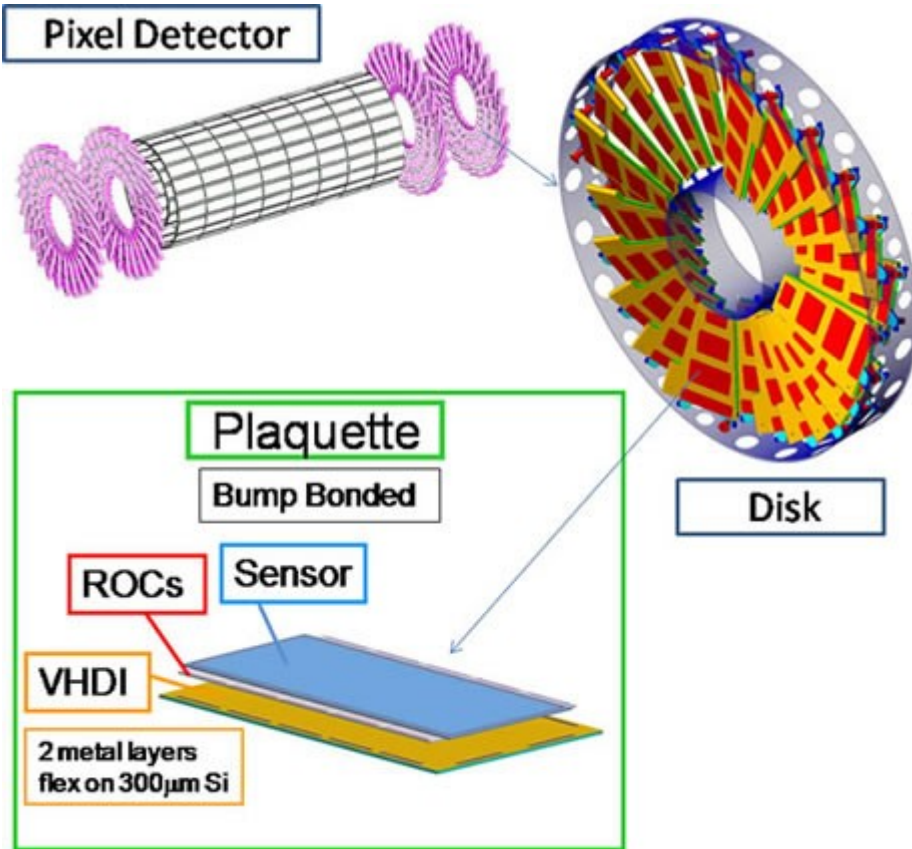
- modul kiosztás – a legkisebb állítható egységek (~16588 egység)

A geometria meghatározása

- Szerelés (~100 mikron pontosság)
- Felmérő helyzetmeghatározás (Survey Alignment) (~100 mikron)
- Lézeres helyzetmeghatározás (LAS – Laser Alignment System) (<100 mikron)
- Részecskenyomos helyzetmeghatározás (Track Based Alignment) (~néhány mikron)

Ez a pontosság szükséges a részecskenyomok megfelelő pontosságú méréséhez

Összefoglalás



FPIX avagy TPE (Tracker Pixel Endcap)

2 aldetektor (+ és -)

2 lemez (disk)

2 féllemez (half disk) (összesen 8 féllemez)

12 penge (blade)

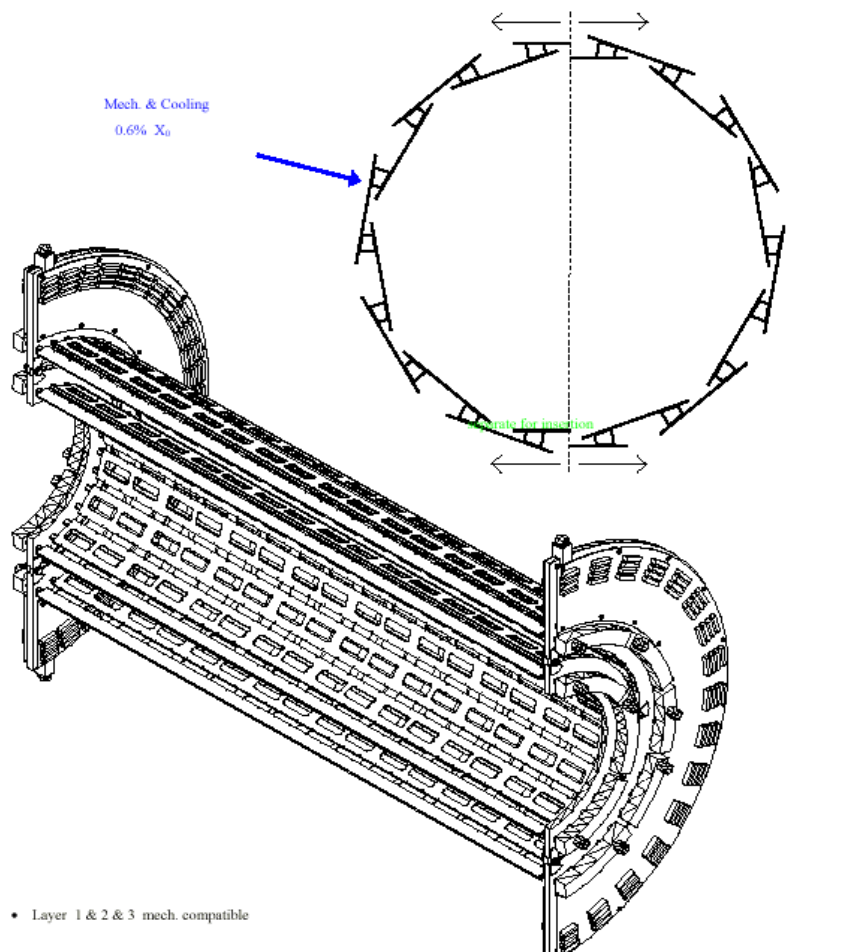
- turbinaszerű elrendezés
- pengék 20 fokkal elfordítva

7 plakett (plaquette) [7 gyűrű (ring)]

672 modul (plakett) (2 x 2 x 2 x 12 x 7)

“Szilíciumsejt-detektor”

belső réteg



BPIX avagy TPB (Tracker Pixel Barrel)

2 félhordó (half barrel) (+/- y – felső/alsó)

2 félhenger (half cylinder) (+/- z)

3 réteg (layer): 18+30+42 arc/létra (face/ladder)

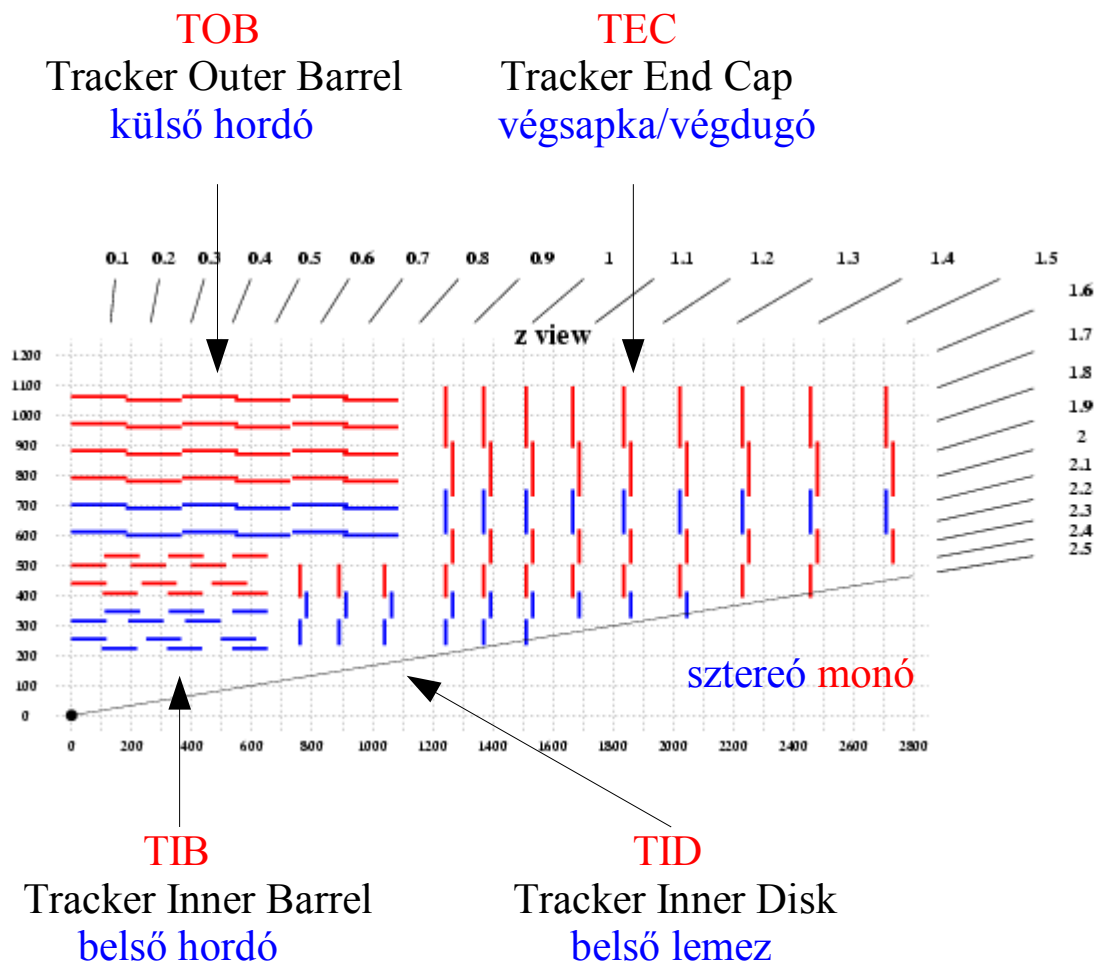
- összesen 6 félréteg

8 modul (z)

- 720 “egész” modul (8 x (18+30+42))

- ebből 48 (fél+fél) modul (8 x (2+2+2))

768 modul



Szilikoncsík-nyomdetektor

(Tracker – Silicon Strip Detector)

TIB: 2724 modul 6x454

2 félhordó, 4 réteg, 2 félhég (half shell)

2x(26-30)–2x(34-38)–44-46–52-56 modul rétegenként

TID: 816 modul (2x24+2x24+40)x6

2 aldetektor (+/-z), 3 lemez, 16 szirom (petal)

3 gyűrű (2 sztereó, 1 monó)

TOB: 5208 modul (2x42+2x48+54+60+66+74)x12

2 félhordó, 6 hég, 2 félhég (half shell)

X rúd (rod), 6 modul

TEC: 6400 modul

2 aldetektor (+/-z), 9 lemez (disk),

16 szirom (petal) (17–28 modul), 7 gyűrű

2x24–2x24–40–56–2x40–56–80 modul gyűrűnként

összesen 16588 modul



“Survey Measurement”

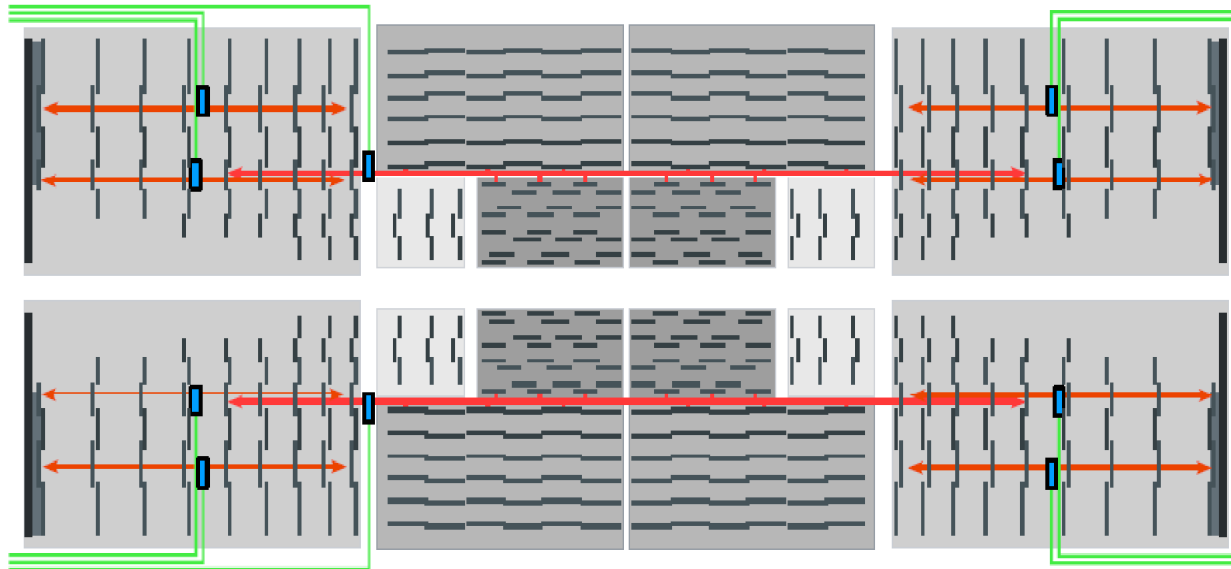
Módszerek

- koordinátamérőgép (coordinate measurement machine)
- érintőszonda (touch probe) – mechanikus koordinátamérőgép
- fotogrammetria (fényképmérés)
- teodolit

Eredmény felhasználása

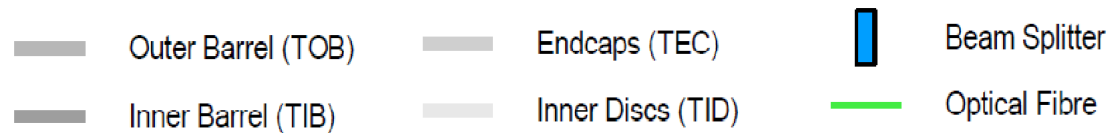
- kényszerként a részecskenyomos meghatározáshoz





LAS – Laser Alignment System

- nincs szükség a gyorsítóra
- gyors mérés és kiértékelés



Infravörös lézer

- a detektor érzékelőit használja
- a TEC szilíciumcsíkjainak egy része féligáteresztő az infravörös fényre
- 8 lézernyaláb az aldetektorok relatív mérésére
- 2 x 8 lézernyaláb a végsapkák (TEC) belső mérésére



“Track Based Alignment”

Lényege, együtt illesztjük a nyomokat és a modulokat

- nyomok egyszerre több eseményből, akár milliós nagyságrendben
- egy-egy részecskenyom paramétereinek száma 5
- a nyomdetektor moduljainak száma (sztereót egynek számítva) 13252
- egy modul paramétereinek száma 6 (3 eltolási és 3 szögkoordináta)

Minimalizáljuk az illesztett és mért részecskebeütésekből előállított khí-négyzetet

- csökken a részecskenyomok khí-négyzete
- nő az impulzusmérés pontossága
- javul az alakfelismerés határfoka

A részecskenyomok eredete lehet

- szokásos nyaláb-nyaláb kölcsönhatás (centrális)
- nyalábhalo müonok, lézernyaláb (~vízszintes)
- kozmikus müonok (~függőleges)
- másodlagos vertexből eredő nyomok (vertexkényszer, Z-tömegkényszer)

A nyomok eltérő helyzete és iránya miatt az egyes esetek más-más detektordeformációkra érzékenyek



Millepede II

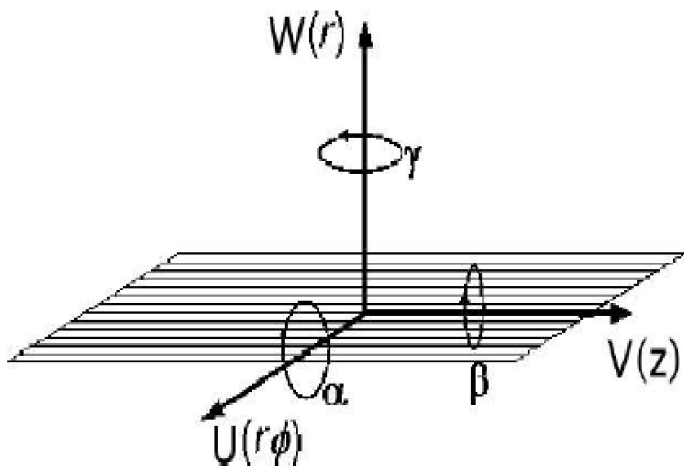
- egy lépésben egyszerre illeszti a nyom- és modulparamétereket
- csak egyetlen lépés, nincs iteráció
- ha mátrixinverziót használhat (kevés modult illeszt, pl. csak pixel), akkor korrekt hiba- és korrelációbecslés

HIP (Hit and Impact Point)

- az első lépésben a nyomparaméterek fixek, csak a modulparamétereket illeszti
- a második lépésben új nyomparamétereket számol az új modulgeometriával
- iterál

Kálmán-filteres algoritmus

- minden egyes nyomillesztés után frissíti a modulparamétereket
- korrelációk egy része



Hordómodulok (PXB, TIB, TOB)

- u = lokális x = (érintőleges) = globális $r\phi$
- v = lokális y = (nyalábirányú) = globális z
- w = lokális z = (tranzverzális) = globális r
- α , β , γ

Illesztendő

- modulonként 6 paraméter
- modul középpontja (u , v , w)
- modul szögállása (α , β , γ)
- nyomonként (track) és modulonként 2-2
- beütés (hit) (u , v)
- $w=0$, mindig a szenzor felületén van

Végmodulok (PXE, TID, TEC)

- u = lokális $x \sim$ (érintőleges) = globális $r\phi$
- v = lokális y = (tranzverzális) = globális r
- w = lokális $z \sim$ (nyalábirányú) = globális z
- α , β , γ

a modulok v körül kissé elfordítva



Az új elrendezés érvényesítése



Szubjektív, vizuális, a paraméterek kiinduló és illesztett értékének és hibájának eloszlásai alapján

Újraillesztés lehetőleg független adatállománnyal (nem amivel a geometriai elrendezés készült)

Normált beütésreziduum ($u_{\text{mért}} - u_{\text{becsült}}$)/szigma (normalized hit residual)

- összes nyom és modul esetén átfogó érvényesítés

A reziduumeloszlás középértéke (DMR) és szigmája/RMS/ (DRR)

- nyomonként (legalább 30 beütés/modul) külön-külön felvéve a normált reziduumeloszlást
- középértéket és RMS-t számolva
- ezek plottolva minden nyomra
- kis DMR általában jó jel

A modulparaméterek vs hibáik plotjai

- bizonyos kollektív mozgásra utalhat



ALCARECO



...

Δr vs r radial	Δz vs r telescope	$r\Delta\phi$ vs r curl
Δr vs z bowing	Δz vs z z-expansion	$r\Delta\phi$ vs z twist
Δr vs ϕ elliptical	Δz vs ϕ skew	$r\Delta\phi$ vs ϕ sagitta

...